干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

新疆旅游业生态效率时空分异与收敛性研究

王钰凯[1,2]， 郭 辉[1,2]

（1. 新疆师范大学商学院，新疆 乌鲁木齐 830017；
2. 丝绸之路经济带核心区产业高质量发展研究中心，新疆 乌鲁木齐 830017）

摘 要： 为揭示新疆旅游业生态效率的时序变化、空间差异及来源、动态演进和收敛性情况，运用非期望产出的强有效前沿最近距离（MinDS）模型测度其效率水平，使用ArcGIS技术、Dagum基尼系数及其分解方法和核密度估计等工具探究2005—2019年其时空分异格局，并构建收敛模型验证其空间收敛性。结果表明：新疆旅游业生态效率呈现出波动稳定上升的“北高南低”的时空分布演化格局，存在β绝对收敛、β条件收敛和俱乐部收敛现象且条件收敛速度显著快于绝对收敛。近15 a新疆各地州市处于Ⅰ级所占比例趋于升高，整体基尼系数存在周期性、波动性特点，区域间差异是旅游业生态效率空间差异的主要来源。新疆整体和北疆的旅游业生态效率存在绝对差异缩小和两极分化特征，而南疆和东疆各区域存在绝对差异扩大趋势。因此，未来协调南疆、北疆和东疆各区域内的旅游业生态效率是实现新疆整体旅游业高质量发展的工作重心。

关 键 词： 旅游业；生态效率；时空分异；MinDS模型；Dagum基尼系数；收敛性模型
文章编号：

按照联合国旅游组织（UNWTO）测算，2020年我国旅游业对国民生产总值和国内劳动力就业水平贡献率累计分别超过12%和10%。国务院总理李克强在《2021年国务院政府工作报告》中指出“持续推进碳达峰、碳中和等各项工作，制定2030前行动方案，优化能源结构和产业结构”。国务院《“十四五”旅游业发展规划》也明确要求，“贯彻落实习近平生态文明思想，坚持生态保护第一，适度发展生态旅游，实现生态保护、绿色发展、民生改善相统一”。2019年底新疆共有5A级旅游景区13家，占全国5A级景区数量的4.64%；新疆旅游总人数破2×10^8人次，占全国旅游人数的3.4%；旅游总收入为3400×10^8元，占全国的5.94%。但目前生态旅游资源浪费对旅游产业可持续发展带来的严峻挑战，如何解决生态问题，关注旅游产业和生态环境保护协调发展成为新疆旅游产业高质量发展的必然要求。

Goessling等[1]最早提出“旅游生态效率”的概念，认为生态效率能反映出社会经济活动总量状况对环境的影响程度，核心在于“以最少投入获得最大产出”。当前学术界对其概念并未统一，但基本理念相同：在实现旅游产业收益最大化的同时减少对环境的影响，实现两者双赢的局面。Cole[2]将旅游生态足迹纳入分析模型，对旅游生态效率的研究具有重要意义；王兆峰等[3]采用面板Tobit回归模型、向量自回归（VAR）模型和地理空间分析等方法实证检验2007—2016年长江经济带旅游业生态效率的时空特征和影响因素，发现其空间差异性和集聚性存在缩小趋势。

在生态效率测算方法方面，目前国外主流的研究方法包括单一比值法[4]、指标体系法[5]、物质流分析法[6]、生态足迹法[7]、非参数分析的模型法[8-9]。国内学者多沿袭这些方法[10-14]，高志刚等[14]采用超效率数据包络（SBM）模型和全局要素生产率指数（GML）分别从静态和动态视阈下测度了2001—

收稿日期： 2021-11-12； **修订日期：** 2022-01-14
基金项目： 国家社科基金项目（20BGJ043）；教育部人文社会科学研究规划基金项目（19YJA790019）；新疆自然科学基金面上项目（2019D01A73）资助
作者简介： 王钰凯(1995-)，男，硕士研究生，主要从事产业经济研究. E-mail: 1033769485@qq.com
通讯作者： 郭辉（1978-），女，教授，硕士生导师，主要从事区域经济与可持续发展研究. E-mail: 28829203@qq.com

2017年新疆14个地州市的生态经济投入效益。在时空分异和收敛性研究方面，Tosun等[15]采用ArcGIS技术分析了西班牙安达卢西岸旅游区域的生态效率，发现其时空演进存在阶梯型和“中心–外围”的格局；Blancas等[16]使用标准差椭圆法发现美国旅游业生态效率存在极化现象；张军民等[17]基于ArcGIS空间分析平台研究了新疆14个地州市近10 a城镇化绿色发展时空分异格局；周亮等[18]采用空间马尔科夫链测算了2005—2015年我国城市生态效率时空分异特征，发现时序上存在阶段性“W”型演化特征，空间上呈现“东中西”阶梯递减的差异化规律；杨勇等[19]采用随机前沿生产函数(SFA)、Kernel密度函数等方法测算了我国生态效率和演化特征，综合型、资源型和工业型等城市发展类型和城市人口规模均可造成城市生态效率的差异化；陈洪星等[20]利用核密度法等探究了乌鲁木齐市住宿类地图信息点(POI)的时空演变特征；于伟等[21]采用序列DEA的SE-U-SBM模型和Dagum基尼系数及其分解等方法研究了我国城市群的生态效率，发现各城市群生态效率差异化显著且存在空间条件β收敛和空间绝对β收敛性特征。

总结以往的文献可以看到，现有研究对旅游业生态效率的时空分异等问题提供一定思路，但仍存在以下不足：(1) 现有文献较少关注深层次研究背景，而本文在旅游兴疆战略推进下基于“碳中和、碳达峰”时代背景探究新疆旅游业生态效率。(2) 以往学者多从期望产出视角出发，容易高估实际的测度值，对其测度体系构建也还不够全面和系统。(3) 较少学者分析其收敛性，而这是理解效率差异的重要内容。旅游业作为区域经济发展和生态保护治理的重要载体，是促进城市绿色协调发展的核心动力。因此，本研究以新疆旅游业生态效率为对象全面考察其时序变化、空间差异、动态演进和收敛性等问题。首先，运用强有效前沿最近距离(MinDS)模型在新疆整体、南北东疆三大区域和各地州市评级3个视阈下全面评价旅游业生态效率水平；其次，运用ArcGIS技术和Dagum基尼系数及其分解方法考察其空间差异大小及来源；再次，采用核密度估计方法刻画其动态演进状况；最后，应用空间收敛模型验证收敛性情况，这对推进旅游产业高质量发展和生态环境保护协同推进具有学术价值和现实意义。

1 数据与方法

1.1 研究区与数据来源

以2005—2019年新疆14个地州市的旅游业生态效率作为对象，研究涉及的区域包括新疆14个地州市，其中北疆区域包括乌鲁木齐市、克拉玛依市、昌吉回族自治州、伊犁哈萨克自治州直属县市、塔城地区、阿勒泰地区和博尔塔拉蒙古自治州；南疆区域包括巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州、和田地区和喀什地区；东疆区域包括吐鲁番市和哈密市。测度指标体系数据主要来源于《中国文物文化和旅游统计年鉴》《中国城乡建设数据库》《新疆统计年鉴》《新疆A级旅游景区名录》、全球经济数据库(CEIC)网站及政府网站发布的相关统计资料。

1.2 研究方法与模型设定

1.2.1 *旅游业生态效率测度方法*

(1) 非期望产出的MinDS模型

MinDS模型[22]的求解过程如下：假定有k个决策单元(DMU)，使用SBM模型筛选所有的有效决策单元组合成的集合E^*；求解以下MinDS模型的混合整数线性规划方程式，即得到评价效率值。该方法可以克服非期望产出SBM模型的无效决策单元的效率改进过程，从而更加真实、客观地评价效率水平[23]。

$$\max \mathrm{EOTI}_k = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left(1-\frac{s_i^-}{x_{ik}}\right)\Bigg/\left[\frac{1}{q_1}\sum_{r=1}^{q_1}\left(1+\frac{s_r^+}{y_{rk}}\right)+\frac{1}{q_2}\sum_{p=1}^{q_2}\left(1+\frac{s_p^-}{z_{pk}}\right)\right] \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
\text{s.t.}\ & \sum_{j\in E^*}\sum_{a=1}^{A}x_{ij}\beta_j+s_i^-=x_{ik}, \quad s_i^-\geqslant 0\\
& \sum_{j\in E^*}\sum_{a=1}^{A}x_{rj}\beta_j-s_r^+=y_{rk}, \quad s_r^+\geqslant 0\\
& \sum_{j\in E^*}\sum_{a=1}^{A}x_{pj}\beta_j+s_p^-=z_{pk}, \quad s_p^-\geqslant 0\\
& \beta_j\geqslant 0 \quad j\in E^*\\
& -\sum_{i=1}^{m}v_ix_{ij}+\sum_{r=1}^{q_1}u_ry_{rj}-\sum_{p=1}^{q_2}\varepsilon_pz_{pj}+d_j=0\\
& d_j\leqslant Mb_j,\ \beta_j\leqslant M\left(1-b_j\right)\\
& b_j\in\{0,1\} \quad d_j\geqslant 0
\end{aligned} \quad (2)$$

式中：EOTI_k为第k个城市旅游业生态效率值；m为总投入个数；q_1为期望产出个数；q_2为非期望产出

个数；x_{ik}、x_{ij}、x_{rj}、x_{pj} 分别为第 $k(j、j、j)$ 个DMU的第 $i(i、r、p)$ 个投入；y_{rk}、y_{rj} 分别为第 $k(j)$ 个DMU的第 $r(r)$ 个期望产出；z_{pk}、z_{pj} 分别为第 $k(j)$ 个DMU的第 $p(p)$ 个非期望产出；s_i^- 为投入的松弛变量；s_r^+ 为期望产出指标的松弛变量；s_p^- 为非期望产出指标的松弛变量；E^*为有效DMU组成的集合；A为样本考察时期数(a=1, 2, 3, …, A)；β_j 为第 j 个DMU的权重(j=1, 2, 3, …, N)；v_i ($v_i \geq 1$)为投入权重；$u_r(r \geq 1)$ 为期望产出的权重；$\varepsilon_p(\varepsilon_p \geq 1)$ 为非期望产出权重；d_j 为一个参数值，该值小于等于 M 乘以 b_j 且 M 是一个足够大的正数，b_j 为0~1的变量。

(2) 指标体系构建

依据综合性、科学性、可靠性和可行性的选取原则，主要从投入、期望和非期望产出3个维度选取测度指标，其中投入指标考虑劳动、资本和土地3个要素。现有研究主要选择A级及以上旅游景区、旅行社和星级宾馆数量作为资源投入[3,12]，参考王兆峰等[3]设计思路以旅游能源消耗总量表示旅游业的能源投入，选用旅游产业就业人数表示人力投入，旅游业的资本投入指标用旅游业总消费占GDP比重乘以第三产业固定资产投资总额表征旅游业固定资产投资额[12]。期望产出使用旅游总人数和旅游总消费两大指标表示[13]，借鉴侯孟阳等[24]做法可以用旅游环境污染指数(Tourism environmental pollution index，TEPI)表示非期望产出，利用各地区当期的旅游总消费量比各地区当期的生产总值的系数乘以各地区的“三废”，在使用熵值法计算得到TEPI。综上所述，可以构建新疆旅游业生态效率测度指标体系(表1)。

表1 新疆旅游业生态效率测度指标体系构建

Tab. 1 Construction of index system for the measuring eco-efficiency of Xinjiang tourism industry

指标类型	一级指标	二级指标
投入指标	资源投入	A级及以上旅游景区数量/个
		旅行社数量/个
		星级宾馆数量/个
	资本投入	旅游业固定资产投资额/10^8元
	能源投入	旅游能源(标准煤)消耗总量/10^4 t
	人力投入	旅游产业就业人数/人
产出指标	期望产出	旅游总人数/10^4人
		旅游总消费/10^8元
	非期望产出	旅游环境污染指数/%

1.2.2 Dagum基尼系数及其分解方法 本文运用Dagum基尼系数及其分解方法研究旅游业生态效率空间的相对差异程度。该方法不仅可以辨别空间差异的来源，而且能够解决子样本间的交叉和重叠问题[25]，因此被各科学者广泛应用在分析区域的差异性等问题。本研究根据《新疆统计年鉴》等资料将新疆划分为北疆、南疆和东疆三大区域，Dagum基尼系数的定义公式为：

$$G = \left(\sum_{j=1}^{k} \sum_{h=1}^{k} \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} \left| y_{ji} - y_{hr} \right| \right) / 2n^2 \bar{y} \tag{3}$$

式中：$y_{ji}(y_{hr})$为$j(h)$ 区域内 $i(r)$ 地州市的旅游业生态效率；n 为地州市的总个数；$\bar{y}$ 为各地州市的旅游业生态效率均值；k 为划分的区域个数；$n_j(n_h)$ 为 $j(h)$ 每个区域内的地州市个数。基于子样本分解法，Dagum将基尼系数分为三部分[26]：地区内差异的贡献 G_w、地区间差异的贡献 G_{nb} 和超变密度 G_t，且满足关系式：$G = G_w + G_{nb} + G_t$。

1.2.3 核密度估计 作为非参数估计方法，Rosenblatt[27]较早提出研究空间数据分布的非均衡性问题的核密度估计方法。该方法从随机变量X的分布位置、形态和延展性等方面描述其动态演进规律，在具体分析群体差异起到较好的作用[28]。设X的密度函数为$f(x)$，公式(4)表示在点x处的密度函数估计式。

$$f(x) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^{N} K\left(\frac{X_i - \bar{X}}{h} \right), \quad K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2} \right) \tag{4}$$

$$\begin{cases} \lim\limits_{x \to \infty} K(x) \times x = 0 \\ K(x) \geq 0, \quad \int_{-\infty}^{+\infty} K(x) \mathrm{d}x = 1 \\ \sup K(x) < +\infty, \quad \int_{-\infty}^{+\infty} K^2(x) \mathrm{d}x = 1 \end{cases} \tag{5}$$

式中：N、X_i、$\bar{X}$、h、π 分别为城市个数、X的观测值、X的均值、带宽和圆周率；$K(x)$为高斯核函数且x为随机变量X的函数值，需满足式(5)的计算条件。

1.2.4 收敛性模型设定 参考Dani构建如下模型以此衡量生态效率的空间收敛性[29]，该模型可以更好地检验区域异质性特征的收敛性问题[30]。

$$\widehat{\mathrm{EOTI}}_{it} = \alpha + \beta \ln \mathrm{EOTI}_{i,t-1} + D_t + D_i + \varepsilon_{it} \tag{6}$$

式中：$\widehat{\mathrm{EOTI}}_{it}$ 为 i 城市在 t 期的生态效率的增长率；

$\ln EOTI_{i,t-1}$ 为 i 城市在 $t-1$ 时期的效率值；D_t 和 D_i 分别为时间和城市固定效应，控制在时间和城市层面的效应影响；α 和 ε_{it} 分别为截距回归系数和随机扰动项。在不同的固定效应下 β 参数具有不同的含义：当只控制时间固定效应时，β 衡量的是绝对收敛；当同时控制时间和城市固定效应时，β 衡量的是条件收敛；当在控制时间和地区的固定效应时，β 衡量的是俱乐部收敛。综上，β 的大小和符号是该模型的重点关注的，当 β 为负值且统计学显著时表示存在收敛效应；β 的大小指的是其收敛速度，越大收敛速度越快。

2 结果与分析

2.1 新疆旅游业生态效率测算的时空特征

2.1.1 新疆整体旅游业生态效率 运用非期望产出的 MinDS 模型测算 2005—2019 年新疆旅游业生态效率，将新疆 14 个地州市的 210 个指标数据导入 MaxDEA 软件，结果见表 2。

从图 1a 和表 2 分析可知，2005—2019 年新疆整体年均旅游业生态效率在 0.1~0.5 之间，效率值最高的年份是 2019 年（0.465），最低的年份是 2009 年（0.116），研究期间年份均值为 0.317，效率测算值在波动变化中呈现上升的趋势。从演变历程分析，2005—2008 年效率值呈现先上升后下降的变化特点，尤其是 2008 年全球金融危机期间出现了明显下降特征；2009—2013 年新疆旅游业生态效率得到明显改善，2009 年达到测度年份最低点，表明国际金融危机对旅游产业的影响存在滞后效应，2010 年以后生态效率提升速度明显，此阶段国家出台系列法律法规加强建设资源节约型和环境友好型社会，使其旅游业生态效率大幅改善；2014 年以后，生态效率年均增长率迅速，虽少数年份存在下降趋势，但是整体达到近年来新疆旅游产业发展的"黄金阶段"。

2.1.2 三大区域旅游业生态效率对比分析 从图 1b 分析可知，新疆旅游业生态效率存在"北高南低"的空间分布演化格局。北疆旅游业生态效率在 0.2~0.8 区间且具有提升的趋势特点，其旅游业生态效率明显高于东疆和南疆地区，南疆与东疆的生态效率演化特征较为接近，但南疆总体上高于东疆，其差异性存在"发散-收敛"的波动趋势，但北疆与东疆、

表 2 2005—2019 年新疆旅游业生态效率测算结果

Tab. 2 Evaluation results of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry from 2005 to 2019

年份	乌鲁木齐市	克拉玛依市	吐鲁番市	哈密市	昌吉州	伊犁州直	塔城地区	阿勒泰地区	博州	巴州	阿克苏地区	克州	喀什地区	和田地区	均值
2005	0.722	0.033	0.236	0.160	0.011	0.419	0.097	0.285	0.012	0.188	0.288	0.092	0.179	0.162	0.197
2006	1.013	0.016	0.268	0.184	0.029	0.317	0.150	0.380	0.022	0.323	0.523	0.086	0.170	0.080	0.223
2007	1.033	0.037	1.076	0.175	0.003	0.412	0.068	1.088	0.023	0.496	0.796	0.089	0.212	0.086	0.347
2008	1.127	0.028	0.403	0.203	0.003	0.388	0.112	0.573	0.036	0.573	0.973	0.098	0.169	0.090	0.274
2009	0.446	0.016	0.241	0.098	0.005	0.218	0.055	0.081	0.016	0.105	0.105	0.061	0.161	0.083	0.116
2010	1.108	0.031	0.207	0.109	0.018	1.213	0.172	0.089	0.122	0.178	0.178	0.182	0.221	0.103	0.270
2011	1.113	0.024	0.325	0.125	0.075	1.108	0.283	0.143	0.215	0.091	0.091	0.129	0.225	0.157	0.291
2012	1.131	0.044	0.300	0.144	0.146	0.856	0.279	0.215	0.224	0.152	0.152	0.095	0.287	0.155	0.285
2013	1.083	0.046	0.116	0.163	0.143	1.298	0.327	0.399	0.227	0.143	0.143	0.136	0.253	0.074	0.312
2014	0.655	0.057	0.088	0.124	0.136	1.219	0.277	0.199	0.214	0.110	0.110	0.084	0.390	0.035	0.244
2015	1.064	0.049	0.084	0.121	0.152	1.082	0.285	0.239	0.241	0.109	0.109	0.088	0.376	0.031	0.276
2016	0.806	0.088	0.130	0.038	0.112	0.692	0.304	0.381	0.335	0.119	0.119	0.142	0.308	0.043	0.257
2017	1.084	0.098	0.173	0.102	0.212	0.834	0.372	0.670	0.358	0.203	0.203	0.158	0.282	0.015	0.338
2018	1.160	0.108	0.446	0.026	1.087	1.154	0.117	1.186	0.197	0.035	0.035	0.146	0.318	0.016	0.437
2019	0.785	0.113	0.437	0.226	1.034	1.084	0.291	1.203	0.397	0.267	0.867	0.131	0.235	0.131	0.465
均值	0.955	0.053	0.302	0.133	0.211	0.820	0.212	0.475	0.176	0.206	0.313	0.115	0.252	0.084	0.317
排名	1	14	5	11	8	2	7	3	10	9	4	12	6	13	-

注：昌吉州、伊犁州直、博州、巴州和克州分别为昌吉回族自治州、伊犁哈萨克自治州直属县市、博尔塔拉蒙古自治州、巴音郭楞蒙古自治州、克孜勒苏柯尔克孜自治州的简称。

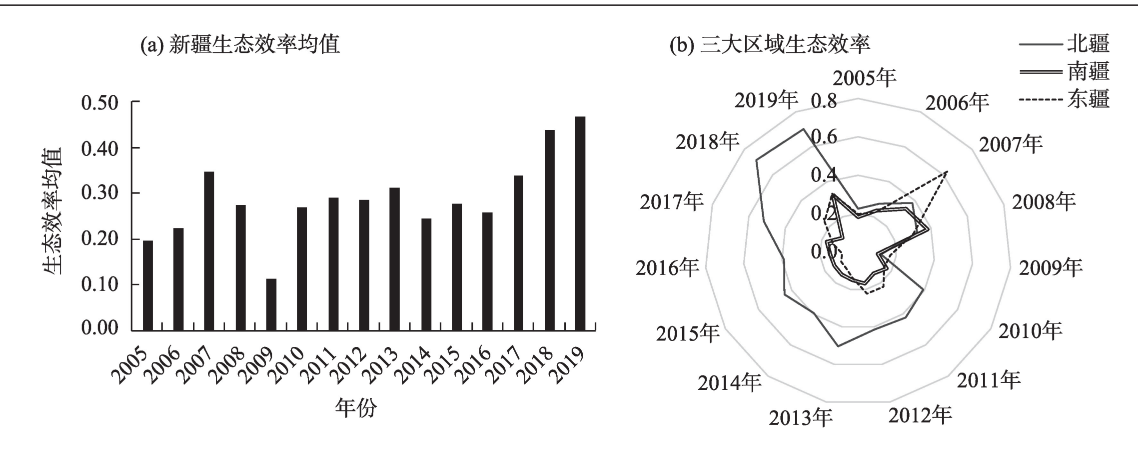


图1 新疆旅游业生态效率的时空演变过程

Fig. 1 Spatial-temporal evolution of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry

南疆生态效率存在反向的"收敛-发散"的差异化特点。从演化路径分析,2005—2019年北疆地区旅游业生态效率波动上升,特别是2014年以后存在明显改善状况,而南疆与东疆变化类似,存在先下降后上升的演变特征。

2.1.3 新疆各地州市旅游业生态效率分析 以解亚丽等[31]对生态效率定义评级为标准,结果显示北疆地区有14.28%的地州市达到优良等级,但仅有乌鲁木齐市部分年份处于"优"评级,可见北疆区域生态效率整体发展并不突出,2005—2019年各地州市效率年度均值达到"优"等级的城市尚不存在,说明旅游业生态效率存在极大的改进空间,生态环境问题突出。值得注意的是,评级为"中"以上的比例仅占28.57%,除了乌鲁木齐市外仅有伊犁州直达到此评级标准。

南疆地区各地州市之间效率发展差异性较大。阿克苏地区和喀什地区效率均值分别位于全疆整体排名的第4位和第6位,但其均值分别为0.313和0.252,处在评价"差"的等级。此外,克州和和田地区的效率均值分别位于全疆整体排名的第12、13位,排名在全疆后5名之内。

东疆地区的2个城市——哈密市和吐鲁番市,它们的效率年度均值均处在"差"评级上,但是吐鲁番市明显高于哈密市。2个城市虽然在地理位置上相互邻近,但效率水平却存在显著差异,哈密市和吐鲁番市效率均值分别排在全疆第11、5位,显示东疆地区的生态效率的"空间溢出"效应显现作用不强。

2.2 新疆旅游业生态效率的时空分异分析

2.2.1 空间分异演化特征 采用自然最佳断裂法将2005、2010、2015年和2019年新疆14个地州市的旅游业生态效率划分为5个评价等级,结果见图2。

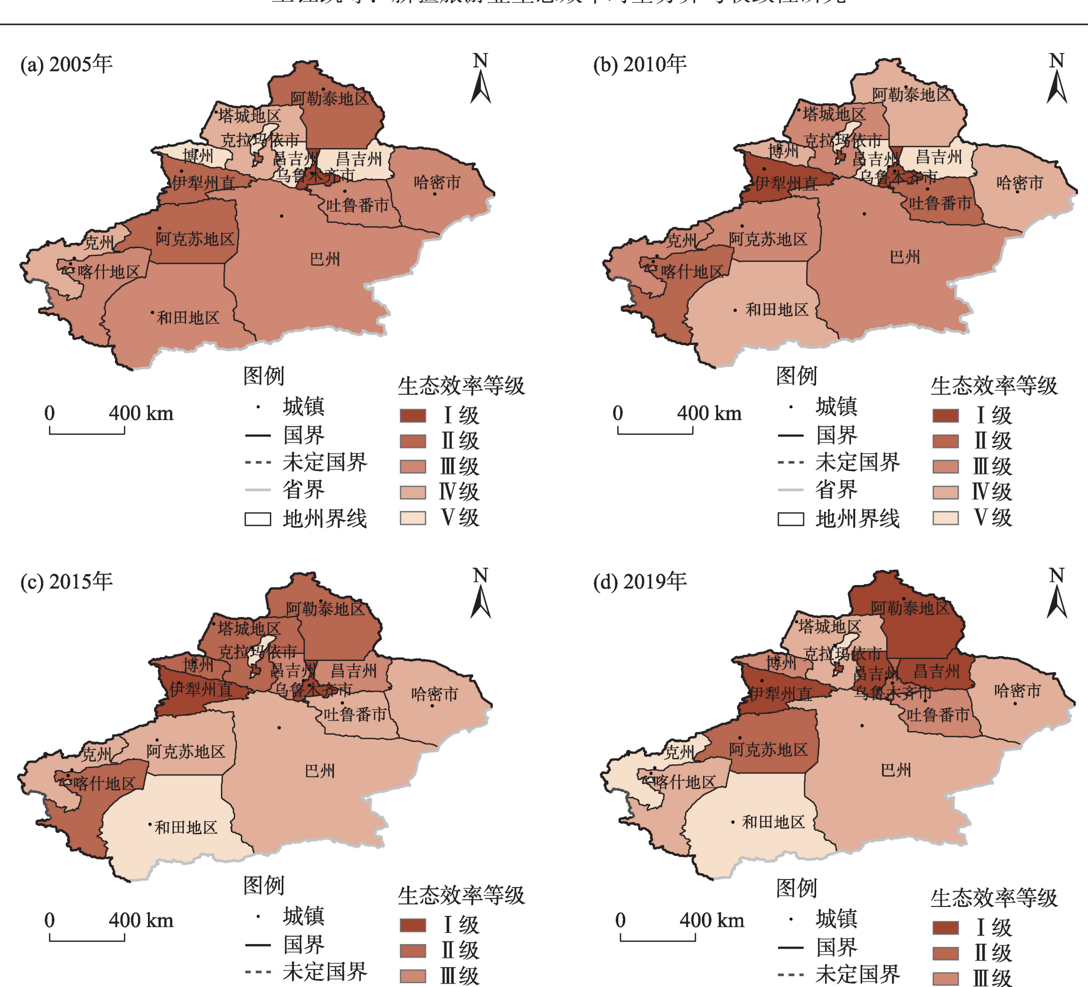
与2005年相比,2010年新疆旅游业生态效率Ⅰ级所占比重从2005年的7.1%上升为2010年的14.3%,其中伊犁州直从Ⅱ级变为Ⅰ级,阿勒泰地区从Ⅱ级降为Ⅳ级,和田地区和哈密市从Ⅲ级降为Ⅳ级,阿克苏地区从Ⅱ级降为Ⅲ级,喀什地区和吐鲁番市从Ⅲ级升为Ⅱ级,塔城地区从Ⅳ级升为Ⅲ级。与2010年相比,2015年Ⅰ级所占数量虽保持不变,但Ⅱ级数量所占比重从2010年的14.3%上升为2015年的28.6%,其中阿勒泰地区和塔城地区升为Ⅱ级,昌吉州由Ⅴ级升为Ⅲ级,克州、阿克苏地区和巴州由Ⅲ级降为Ⅳ级,和田地区由Ⅳ级降为Ⅴ级。与2015年相比,2019年Ⅰ级数量所占比重从2015年的28.6%上升为2019年的35.7%,其中阿勒泰地区、阿克苏地区和昌吉州进入Ⅰ级行列,塔城地区和喀什地区从Ⅱ级降为Ⅳ级,吐鲁番市由Ⅳ级升Ⅲ级。

综上,2005—2019年新疆旅游业生态效率Ⅰ级数量出现明显上升趋势,Ⅰ级数量所占比重从2005年的7.1%上升为2019年的35.7%,Ⅱ、Ⅲ级评级所占比例呈下降特点,说明新疆整体旅游业生态效率发展有所改善。

2.2.2 空间差异特征分析

(1)总体差异分析

图3绘制的是2000—2019年新疆旅游业生态效率总体基尼系数的变化情况。2000—2019年新疆旅游业生态效率在空间分布上存在差异性,总体基尼系数均值为0.494。从基尼系数的变化特征分析,其差异性存在上下波动态势,2009、2012、2017年和2019年基尼系数有明显下降趋势,说明这几年



注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)3333号的标准地图制作，底图边界无修改。

图2　2005—2019年新疆旅游业生态效率空间分异演变

Fig. 2　Spatial differentiation and evolution of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry from 2005 to 2019

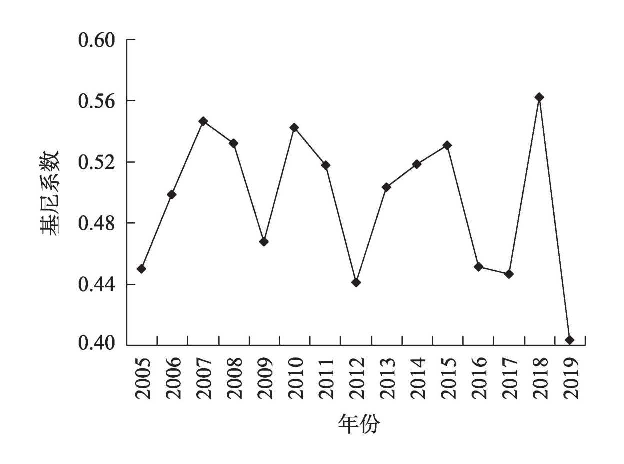


图3　新疆旅游业生态效率的总体差异趋势

Fig. 3　Trend of overall differences in the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry

新疆旅游业生态效率差距有所减小，2005、2008年和2018年存在明显的上升特点，表明这些年份其差异显著扩大，其中2018年和2019年基尼系数分别为0.5623和0.4030，为考察期间的最大值和最小值，进一步表明新疆整体旅游业生态效率存在显著差异。

（2）区域内差异分析

对比新疆东疆、北疆和南疆三大区域的旅游业生态效率基尼系数可以发现（图4），三大区域的旅游业生态效率分级明显：2005—2019年北疆地区的区域内旅游业生态效率的差异性排名最高，基尼系数均值为0.4925；东疆和南疆的区域内差异排名依次为第二、三名，基尼系数均值分别为0.3076和0.1829。从区域内差异变化趋势和变化速度分析，北疆区域内差异存在缩小特征，年均增长率为−3.88%；而南疆和东疆地区内差异存在扩大趋势，年均变化增长率分别为3.49%和5.19%。从区域内

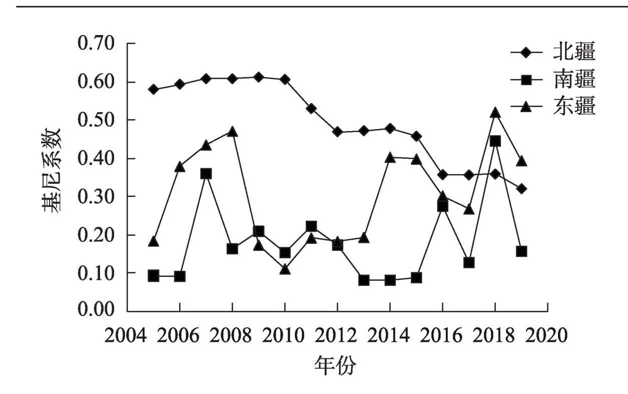


图4　新疆旅游业生态效率的三大区域内差异趋势

Fig. 4　Difference trend of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry in three regions

的空间演进分析，北疆区域内基尼系数呈现下降趋势，南疆和东疆地区的区域内基尼系数在2005—2019年大致呈现“上升-下降-上升-下降”的周期波动变化趋势。

（3）区域间差异分析

南疆、北疆和东疆三大区域的旅游业生态效率区域间差异变化趋势图（图5）可看出：2005—2019年北疆-东疆区域之间差异性达到最大值，基尼系数的均值为0.5717，北疆-南疆、南疆-东疆的区域之间的差异性依次降低，基尼系数分别为0.5578和0.3236。从区域间的变化趋势和年均增速分析，北疆-南疆、北疆-东疆地区之间的旅游业生态效率的差异性在缩小，年均增速分别为-0.74%和-0.33%，而南疆-东疆区域间的差异在扩大，年均增速为5.20%。具体分析：北疆-南疆的区域间差异的基尼系数由2005年的0.4960波动上升后又下降到2019年的0.4438；北疆-东疆的区域间差异的基尼系数由

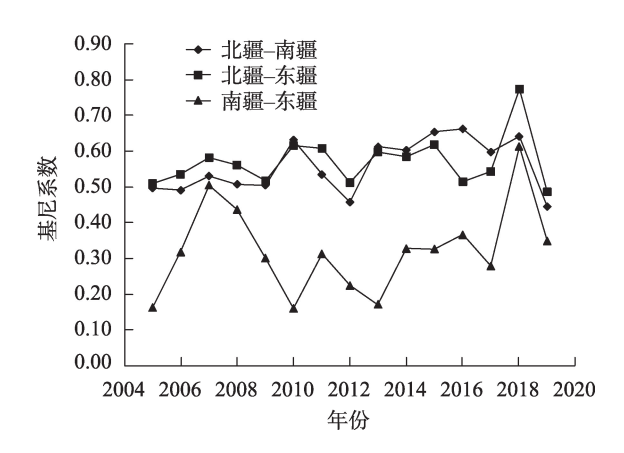


图5　新疆旅游业生态效率的三大区域间差异趋势

Fig. 5　Difference trend of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry among three regions

2005年的0.5114波动上升为2018年的0.7754后又下降为2019年的0.4869，达到考察期内的最小值；南疆-东疆之间的旅游业生态效率差异呈现“M”型走势，表现为周期性变化，但整体差异性扩大，基尼系数从2005年的0.1631增长到2019年的0.3489。

2.2.3　空间差异的来源贡献　按照Dagum基尼系数方法的分解可以将总体基尼系数分解为区域内差异、区域间差异和超变密度差异，进而表示各分解部分对总体空间差异性的贡献程度大小。基于此，使用此方法计算出新疆旅游业生态效率的空间差异来源及贡献率（表3）。

由表3可知，2005—2019年新疆旅游业生态效率的区域间差异的贡献率均值（38.32%）达到最大，区域内差异贡献率的均值（37.97%）次之，超变密度差异的均值（23.71%）最小，表明近15 a其空间差异来源主要是区域间差异。样本考察期间区域内差异和超变密度差异的贡献率整体存在下降的趋势，年均增长率分别为-1.56%和-6.59%；区域间差异呈现明显的上升趋势，年均增长率为8.74%。从各部分演变的过程分析，区域内差异和超变密度的贡献程度整体趋于下降，走势为“下降-上升”的态势，但其超变密度的贡献率下降幅度大于区域内差异；区域间差异的贡献程度演变趋势总体呈现上升态势，变化特征为“上升-下降”发展态势。进一步讨论，2005—2019年区域内差异贡献程度大小排序表现为“北疆>东疆>南疆”；区域间差异的贡献程度大小表现为“北疆-东疆之间贡献差异>北疆-南疆之间贡献差异>南疆-东疆之间贡献差异”。由此可见，解决新疆旅游业生态效率空间演化格局的非均衡性等生态问题，其关键在于缩小区域间的生态效率差异性。

2.3　新疆旅游业生态效率的分布动态演进分析

图6和表4分别汇报了2005—2019年新疆旅游业生态效率分布动态的演进过程和特征。从分布位置分析，新疆整体、南疆和东疆分布中心位置出现左移到右移的变化特点，表明旅游业生态效率呈现先下降后上升的变化趋势，而北疆存在Kernel密度函数曲线的中心位置向右移动，这说明其具有上升的演变规律；从主峰分布形态分析，新疆整体和北疆主峰的峰值出现先下降后上升的走势，密度函数的主峰宽度出现先增加后缩小的特点，反映出其

表3　新疆旅游业生态效率Dagum基尼系数及其分解

Tab. 3　Dagum Gini coefficient and its decomposition of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry

年份	总体	区域内	贡献率/%	区域间	贡献率/%	超变密度	贡献率/%
2005	0.4499	0.1811	40.25	0.0517	11.50	0.2171	48.25
2006	0.4981	0.2068	41.51	0.0430	8.63	0.2483	49.85
2007	0.5466	0.2025	37.04	0.1007	18.43	0.2434	44.53
2008	0.5324	0.2140	40.19	0.0455	8.55	0.2729	51.26
2009	0.4673	0.1762	37.70	0.0822	17.59	0.2089	44.70
2010	0.5423	0.2221	40.96	0.2030	37.43	0.1172	21.61
2011	0.5179	0.2057	39.72	0.2365	45.67	0.0756	14.61
2012	0.4406	0.1779	40.38	0.2018	45.80	0.0609	13.83
2013	0.5035	0.1945	38.62	0.2759	54.79	0.0332	6.59
2014	0.5183	0.2068	39.89	0.2532	48.85	0.0583	11.25
2015	0.5304	0.2021	38.10	0.2794	52.68	0.0489	9.22
2016	0.4511	0.1576	34.94	0.2640	58.52	0.0295	6.54
2017	0.4464	0.1538	34.44	0.2668	59.77	0.0258	5.78
2018	0.5623	0.1706	30.34	0.3456	61.47	0.0460	8.19
2019	0.4030	0.1430	35.47	0.1819	45.14	0.0781	19.38
均值	0.4940	0.1876	37.97	0.1888	38.32	0.1176	23.71

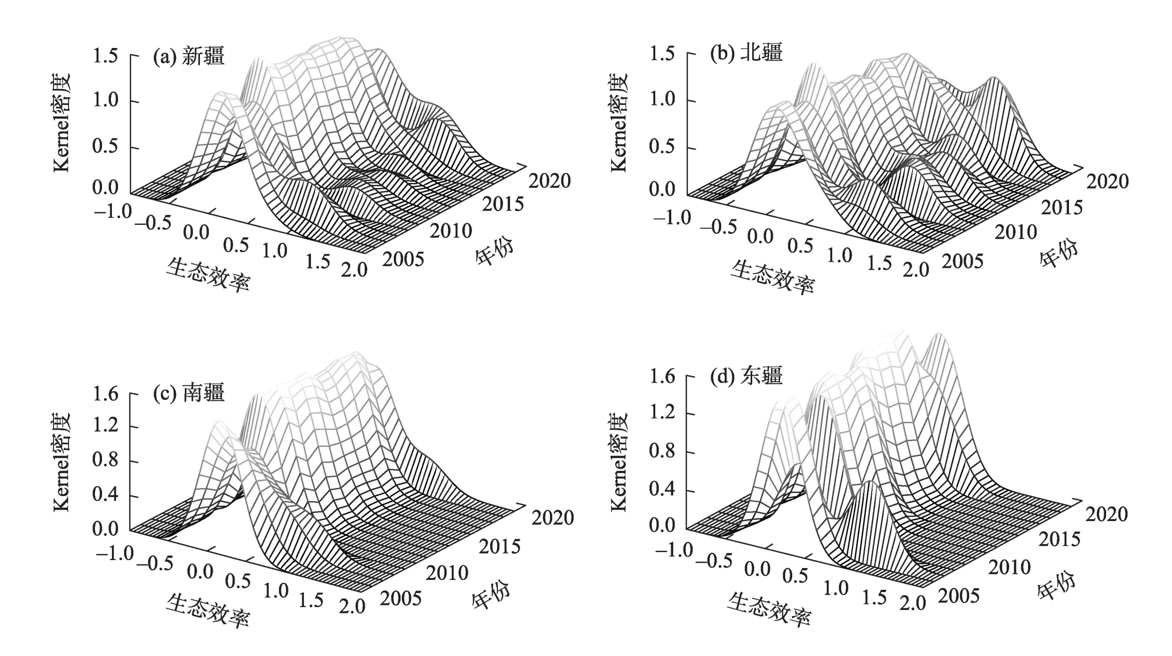


图6　新疆旅游业生态效率分布动态的演变

Fig. 6　Evolution process of the distribution dynamics of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry

绝对差异存在减小的特点，东疆和南疆主峰的峰值表现下降变化特征，而主峰的宽度存在扩大趋势，说明其绝对差异呈现扩大趋势；从极化趋势分析，新疆整体和北疆存在双峰和两极分化趋势，表明其具有明显的两极分化现象，而南疆和东疆不存在极化现象；从延展性分析，都具有Kernel密度函数右拖尾且延展性拓宽特点。

2.4　新疆旅游业生态效率的空间收敛性分析

2.4.1　*基准回归*　表5中模型1~3表达的是收敛性模型的基准回归结果。其中，模型1为时间固定效应表示 β 绝对收敛情况；模型2为控制时间和城市的双向固定效应模型表示 β 条件收敛情况；模型3为控制时间和地区的双向固定效应模型表示俱乐部收敛情况。由表5的模型1和模型2结果分析，其

表4 新疆旅游业生态效率分布动态演变特征

Tab. 4 Evolutionary characteristics of the distribution dynamics of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry

区域	分布位置	主峰分布形态	极化趋势	延展性
新疆	左移-右移	主峰上升,宽度缩小	两极分化	右拖尾,延展扩宽
北疆	右移	主峰上升,宽度缩小	两极分化	右拖尾,延展扩宽
南疆	左移-右移	主峰下降,宽度扩大	无极化现象	右拖尾,延展扩宽
东疆	左移-右移	主峰下降,宽度扩大	无极化现象	右拖尾,延展扩宽

注:表中数据根据历年《新疆统计年鉴》《中国城乡建设数据库》数据计算结果整理得到。

系数均为负值且统计学显著,表明存在 β 绝对收敛和 β 条件收敛,模型3结果显示 β 为负值且通过统计学显著性水平检验,表明存在俱乐部收敛。比较模型1和模型2 β 系数的大小可知:模型2的 β 系数明显大于模型1的系数,由此可知 β 条件收敛快于 β 绝对收敛速度。这一结果与预期一致,当限制条件越多时,收敛性会越明显。基于此,可以通过多种检验保证模型结果的稳健性。

2.4.2 稳健性检验

(1) 增加控制变量。考虑到各个城市的人口数量、人均城市公园面积和水资源总量可能会在一定程度上对旅游业生态效率的集聚产生影响,因此把这3个变量纳入回归模型中,实证回归结果如表5中模型4~6所示:在加入控制变量后,绝对收敛和条件收敛模型的 β 系数均为负值且通过统计学显著性水平检验,即加入控制变量不影响其收敛性,俱乐部收敛模型结果显示 β 系数为负值且通过显著性检验,说明存在俱乐部收敛特征。

(2) 分地区样本回归。为了检验回归结果的稳健性,对南疆、北疆和东疆三大区域的样本进行分类别依次回归。首先,检验绝对收敛模型的稳健性,在对区域依次控制时间固定效应回归后,结果显示三大区域的 β 系数为负值且显著,表明存在 β 绝对收敛;其次,检验条件收敛模型的稳健性,在对南疆、北疆和东疆依次控制时间固定效应和个体固定效应回归后,结果显示 β 系数为负值且显著,表明存在 β 条件收敛;最后,比较绝对收敛和条件收敛模型的 β 回归系数,显示条件收敛模型各值明显

表5 新疆旅游业生态效率的收敛性回归结果及稳健性检验

Tab. 5 Convergence regression results and robustness test of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry

回归变量 控制效应 统计描述	$\widehat{EOTI}_{it}$					
	绝对收敛(模型1)	条件收敛(模型2)	俱乐部收敛(模型3)	绝对收敛(模型4)	条件收敛(模型5)	俱乐部收敛(模型6)
$\ln EOTI_{i,t-1}$	-0.0310^{***}	-0.0308^{***}	-0.0309^{***}	-0.0296^{***}	-0.0291^{***}	-0.0295^{***}
	(0.0074)	(0.0099)	(0.0074)	(0.0076)	(0.0077)	(0.0076)
人口数量				0.0010^{***}	0.0010^{***}	0.0014^{***}
				(0.0006)	(0.0006)	(0.0006)
人均公园面积				-0.0065^{*}	−0.0073	-0.0068^{**}
				(0.0047)	(0.0049)	(0.0047)
水资源总量				-0.0003^{**}	-0.0006^{*}	0.0001^{**}
				(0.009)	(0.001)	(0.001)
年固定效应	是	是	是	是	是	是
地区固定效应	否	否	是	否	否	是
城市固定效应	否	是	否	否	是	否
Constant	0.2153^{***}	0.9698^{**}	0.4033^{**}	0.1578^{*}	0.7197^{*}	0.2151^{**}
	(0.0885)	(0.0542)	(0.1059)	(0.1382)	(0.2839)	(0.1460)
观测值	196	196	196	196	196	196
R^2	0.1919	0.6482	0.1207	0.1944	0.7141	0.3941

注: $\widehat{EOTI}_{it}$、$\ln EOTI_{i,t-1}$、Constant和 R^2 分别为 i 城市在 t 期的生态效率的增长率、i 城市在 $t-1$ 时期的效率值、回归 α 截距系数和拟合优度。*、**、***分别表示 $P<0.10$、$P<0.05$、$P<0.01$;表中括号内数值为标准误。

大于绝对收敛模型各值，进而验证实验结论。

3 讨论

目前，北疆区域旅游业生态效率发展相对较好，但加强北疆生态环境的治理仍是实现旅游产业高质量发展和生态保护协同推进的路径。南疆和东疆正面临生态环境脆弱、环境保护意识不强烈和景区建设能力不足等产业发展问题，走资源节约型和环境友好型的旅游发展道路已刻不容缓。具体而言，南疆地区存在风沙、部分土地荒漠化，树木植被栽种不足，生态环境和承载力脆弱；东疆地区主要以发展第二产业为主，以工业和能源型发展为导向，在此过程中形成大量的污染物，给当地生态环境保护造成严重的压力，阻碍区域旅游业生态效率的提升。因此，应该充分认识到两地区生态环境的差异性和产业结构特点，减少能源消耗性污染物排放量，促进区域生态环境协同发展。此外，旅游业生态效率在各地州市之间差异化较大，未来缩小南北差距是协调旅游业生态效率发展的主要路径。

新疆旅游业生态效率整体上具有较大差异，其发展变化存在明显波动变化情况，近年来这一现象更加凸显，为实现其可持续健康发展，迫切需要实施区域生态环境保护和绿色协调创新机制，进而缩小区域内的空间差异，力争做到南北东疆绿色协调可持续发展，对三大区域内旅游业重点污染物和污染源加强监管并实施有效的控制措施。此外，应重点缩小北疆与南疆、东疆之间的旅游业生态效率的空间分布差异，加强区域效率的协调性，同时应防止南疆和东疆的空间差异继续扩大。由于北疆-东疆之间旅游业生态效率空间分异最为严重，应该作为调控的重点发展方向，同时各区域内生态效率的差异贡献程度也不容易忽视，特别是注重南疆-东疆区域内旅游业生态效率的协调性问题，是实现新疆整体旅游产业高质量发展的重点推进工作。

4 结论

（1）近15 a来新疆旅游业生态效率相对较低，但整体上呈现波动上升的趋势且全疆存在“北高南低”的空间分布演化格局；北疆明显优于南疆和东疆，南疆和东疆生态效率水平较为接近，相对北疆而言存在追赶式增长，区域间差异化存在缩小状态；地州市间生态效率存在异质性，表现为处于“优”、“良”等级的地州市的数量占比相对较少。

（2）ArcGIS空间分析显示近15 a新疆旅游业生态效率处于Ⅰ级地州市所占比例升高。新疆总体基尼系数变化存在周期性波动性变化的特点，区域内差异依次表现为“北疆>东疆>南疆”；区域间差异依次表现为“北疆-东疆>北疆-南疆>南疆-东疆”，北疆-南疆、北疆-东疆地区之间的差异性存在缩小特征，而南疆-东疆区域间的差异存在扩大特征；此外，空间差异性来源表现“区域间差异>区域内差异>超变密度差异”，这表明新疆旅游业生态效率的空间差异来源主要是区域间差异。

（3）利用Kernel密度剖析新疆旅游业生态效率的分布动态演变，结果表明新疆整体、南疆和东疆旅游业生态效率水平呈现先下降后上升的变化趋势，北疆具有上升的演变规律，新疆整体和北疆的绝对差异存在减小的特点，而南疆和东疆各区域的绝对差异呈现扩大趋势，新疆整体和北疆生态效率存在两极分化现象，且各地区都具有密度函数右拖尾且延展性拓宽特点。

（4）新疆旅游业生态效率存在显著的空间收敛特性，2005—2019年存在 β 绝对收敛、β 条件收敛和俱乐部收敛特征。此外，β 条件收敛速度快于 β 绝对收敛，这与区域内的旅游业发展水平、政府环境规制等限制因素存在关联性。

参考文献（References）

[1] Goessling S, Peeters P, Ceron J P, et al. The eco-efficiency of tourism[J]. Ecological Economics, 2005, 54(4): 417-434.

[2] Cole V. Measuring the ecological footprint of a Himalayan tourist center[J]. Mountain Research and Development, 2002, 22(5): 132-141.

[3] 王兆峰, 刘庆芳. 长江经济带旅游生态效率时空演变及其影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(10): 2289-2298. [Wang Zhaofeng, Liu Qingfang. Spatio-temporal evolution and influencing factors of tourism eco-efficiency in the Yangtze River Economic Belt [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28 (10): 2289-2298.]

[4] Schaltegger S, Burritt R. Contemporary environmental accounting: Issues, concepts and practice[M]. California: Greenleaf, 2000: 43-65.

[5] Kristina D, Paul E. Eco-efficiency trends in the UK steel and aluminum industries[J]. Journal of Industrial Ecology, 2008, 9(4): 171-188.

[6] Hoffiren J. Measuring the eco-efficiency of welfare generation in a national economy: The case of Finland[D]. Finland: Faculty of Economics and Administration, 2001.
[7] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
[8] Efthymios G T, George A. Short-run and long-run performance of international tourism: Evidence from Bayesian dynamic models[J]. Tourism Management, 2014, 42(4): 22-36.
[9] Matthias F. Strategy development in tourism destinations: A DEA approach[J]. Ponan University Economics Review, 2004, 4(1): 52-73.
[10] 李鹏, 杨桂华, 郑彪, 等. 基于温室气体排放的云南香格里拉旅游线路产品生态效率[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2207-2219. [Li Peng, Yang Guihua, Zheng Biao, et al. GHG emission-based eco-efficiency study on tourism itinerary products in Shangri-La, Yunnan Province, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 2207-2219.]
[11] 李胜兰, 初善冰, 申晨. 地方政府竞争、环境规制与区域生态效率[J]. 世界经济, 2014, 37(4): 88-110. [Li Shenglan, Chu Shanbing, Shen Chen. Local government competition, environmental regulation and regional ecological efficiency[J]. World Economy, 2014, 37(4): 88-110.]
[12] 胡兰双. 中国旅游业生态效率测度与时空演变研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2018. [Hu Lanshuang. Research on eco-efficiency measurement and spatio-temporal evolution of China's tourism industry[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018.]
[13] 林文凯, 林璧属. 区域旅游产业生态效率评价及其空间差异研究——以江西省为例[J]. 华东经济管理, 2018, 32(6): 19-25. [Lin Wenkai, Lin Bishu. Ecological efficiency evaluation and its spatial differences of regional tourism industry: A case of Jiangxi Province[J]. East China Economic Management, 2018, 32(6): 19-25.]
[14] 高志刚, 童思聪. 基于非期望产出的新疆区域生态经济投入效益分析[J]. 干旱区地理, 2020, 43(3): 777-785. [Gao Zhigang, Tong Sicong. Regional eco-economic input efficiency of Xinjiang based on undesirable output[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(3): 777-785.]
[15] Tosun C, Timothy D J, Ztürk Y. Tourism growth, national development and regional inequality in Turkey[J]. Journal of Sustainable Tourism, 2003, 11(2-3): 133-161.
[16] Blancas F J, Caballero R, M González, et al. Goal programming synthetic indicators: An application for sustainable tourism in Andalusian coastal counties[J]. Ecological Economics, 2010, 69(11): 2158-2172.
[17] 张军民, 荣城, 马玉香. 新疆城镇化绿色发展时空分异及驱动因子探究[J]. 干旱区地理, 2022, 45(1): 251-262. [Zhang Junmin, Rong Cheng, Ma Yuxiang. Spatial and temporal differences and driving factors of the green development of urbanization in Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(1): 251-262.]
[18] 周亮, 车磊, 周成虎. 中国城市绿色发展效率时空演变特征及影响因素[J]. 地理学报, 2019, 74(10): 2027-2044. [Zhou Liang, Che Lei, Zhou Chenghu. Spatio-temporal evolution and influencing factors of urban green development efficiency in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(10): 2027-2044.]
[19] 杨勇, 邓祥征. 中国城市生态效率时空演变及影响因素的区域差异[J]. 地理科学, 2019, 39(7): 1111-1118. [Yang Yong, Deng Xiangzheng. The spatio-temporal evolutionary characteristics and regional differences in affecting factors analysis of China's urban eco-efficiency[J]. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(7): 1111-1118.]
[20] 陈洪星, 杨德刚, 徐红涛, 等. 基于POI的住宿业时空格局演化及与旅游景点的空间关联研究[J]. 干旱区地理, 2020, 43(5): 1382-1390. [Chen Hongxing, Yang Degang, Xu Hongtao, et al. Spatial and temporal evolution of the accommodation industry and spatial association with tourist spots based on POI[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(5): 1382-1390.]
[21] 于伟, 张鹏, 姬志恒. 中国城市群生态效率的区域差异、分布动态和收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(1): 23-42. [Yu Wei, Zhang Peng, Ji Zhiheng. Study on regional difference, distribution dynamics and convergence of eco-efficiency of urban clusters in China[J]. Journal of Quantitative Economics and Technical Economics, 2021, 38(1): 23-42.]
[22] 刘华军, 乔列成, 孙淑惠. 黄河流域用水效率的空间格局及动态演进[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 57-68. [Liu Huajun, Qiao Liecheng, Sun Shuhui. Spatial distribution and dynamic change of water use efficiency in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 57-68.]
[23] 李静, 任继达. 中国工业的用水效率与决定因素——资源和环境双重约束下的分析[J]. 工业技术经济, 2018, 37(1): 122-129. [Li Jing, Ren Jida. Study on efficiency of Industrial water use in China based on MinDS model: An empirical analysis under the dual restrictions of resources and environment[J]. Industrial Technology Economy, 2018, 37(1): 122-129.]
[24] 侯孟阳, 姚顺波. 中国城市生态效率测定及其时空动态演变[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(3): 13-21. [Hou Mengyang, Yao Shunbo. Measurement and temporal-spatial dynamic evolution of urban eco-efficiency in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(3): 13-21.]
[25] 陈明华, 刘文斐, 王山, 等. 长江经济带城市生态效率的时空分异及其驱动因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(9): 121-127. [Chen Minghua, Liu Wenfei, Wang Shan, et al. Spatial-temporal differentiation of urban eco-efficiency in the Yangtze River Economic Belt and its driving factors[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(9): 121-127.]
[26] Dagum C. A new approach to the decomposition of the Gini income inequality ratio[J]. Empirical Economics, 1997, 22(4): 515-531.
[27] Rosenblatt M. Remarks on some nonparametric estimates of a den-

sity function[J]. Annals of Mathematical Statistics, 1956, 27(3): 832–837.

[28] 陈良敏. 进城农民工市民化测度及影响因素研究[D]. 武汉: 中南财经政法大学, 2020. [Chen Liangmin. The measurement and influencing factors of urbanization of migrant workers[D]. Wuhan: Zhongnan University of Economics and Law, 2020.]

[29] Dani R. Unconditional convergence in manufacturing[J]. Quarterly Journal of Economics, 2012, 128(1): 165–204.

[30] 戴觅, 茅锐. 产业异质性、产业结构与中国省际经济收敛[J]. 管理世界, 2015(6): 34–46, 62, 187. [Dai Mi, Mao Rui. The industrial heterogeneity, the lndustrial structure, and the provincial growth convergence in China[J]. Management World, 2015(6): 34–46, 62, 187.]

[31] 解亚丽, 柯小玲, 闵园园, 等. 基于超效率DEA模型的三峡库区生态效率评价及空间演化格局分析[J]. 中国环境管理, 2020, 12(1): 113–120. [Xie Yali, Ke Xiaoling, Min Yuanyuan, et al. Ecological efficiency evaluation and spatial evolution pattern analysis of the Three Gorges Reservoir Area based on super efficiency DEA model[J]. China Environmental Management, 2020, 12(1): 113–120.]

Spatial and temporal differentiation and convergence studies of the eco-efficiency of Xinjiang tourism industry

WANG Yukai[1,2], GUO Hui[1,2]

(1. Business School, Xinjiang Normal University, Urumqi 830017, Xinjiang, China; 2. Research Center for High-Quality Development of Industries in the Core Areas of the Silk Road Economic Belt, Urumqi 830017, Xinjiang, China)

Abstract: In order to reveal the temporal changes, spatial differences and sources, dynamic evolution and convergence of tourism eco-efficiency in Xinjiang, China, the MinDS model of undesired output was used to measure its efficiency level, ArcGIS technology, Dagum Gini coefficient and its decomposition method and kernel density were used. Estimation and other tools were used to explore its spatial and temporal differentiation pattern from 2005 to 2019, and a convergence model was constructed to verify its spatial convergence. The results show that the ecological efficiency of Xinjiang's tourism industry presents a temporal and spatial distribution evolution pattern of "high in the north and low in the south" that fluctuates steadily. There are β absolute convergence, β conditional convergence and club convergence, and the conditional convergence speed is significantly faster than absolute convergence speed. In the past 15 years, the proportion of cities in Xinjiang at level I has tended to increase, and the overall Gini coefficient has the characteristics of periodicity and volatility, and regional differences are the main source of spatial differences in tourism eco-efficiency. The tourism eco-efficiency between Xinjiang as a whole and northern Xinjiang has the characteristics of shrinking absolute differences and polarization, while the absolute differences in southern and eastern Xinjiang are expanding. Therefore, coordinating the eco-efficiency of tourism in the southern, northern and eastern Xinjiang regions in the future is the focus of work to achieve the high-quality development of Xinjiang's overall tourism.

Key words: tourism; eco-efficiency; spatial and temporal differentiation; MinDS model; Dagum Gini coefficient; convergence model